



①⑨ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Offenlegungsschrift
⑩ DE 196 05 787 A 1

⑤① Int. Cl.⁶:
H 01 L 21/316
// C03C 27/02

②① Aktenzeichen: 196 05 787.6
②② Anmeldetag: 18. 2. 96
④③ Offenlegungstag: 2. 1. 97

DE 196 05 787 A 1

③⑩ Unionspriorität: ③② ③③ ③①
30.06.95 KR 95-18554

⑦① Anmelder:
Hyundai Electronics Industries Co., Ltd., Ichon,
Kyoungki, KR

⑦④ Vertreter:
Schmidt H. und Kollegen, 80803 München

⑦② Erfinder:
Yoo, Kyong Sik, Seoul/Soul, KR

⑤④ Verfahren zur Herstellung eines Bor-Phosphor-Silikatglasfilmes

⑤⑦ Es wird ein Verfahren beschrieben, welches die Flankenabfallrate nach einem Reflowprozeß zur Ebnung eines BPSG-Filmes erhöht und daran anschließend die Entnahme eines Wafers bei hoher Temperatur ermöglicht, wodurch sich an der Oberfläche des BPSG-Filmes eine rasch abkühlende Zone ausbildet, deren Struktur erhalten bleibt, während sich im Inneren des BPSG-Filmes eine langsam abkühlende Zone ausbildet, deren sämtliche Bestandteile nach langsamer Abkühlung auf Reflowtemperatur kristallisieren.

DE 196 05 787 A 1

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines Bor-Phosphor-Silikatglasfilmes (im folgenden kurz als BPSG-Film bezeichnet) wie er als Isolationsfilm bei Halbleiterbauelementen Verwendung findet.

BPSG-Filme als Isolierfilme finden vielfach Verwendung bei der Herstellung von Halbleiterbauelementen aufgrund ihrer guten Planaritätseigenschaften sowie ihrer guten Isolierungseigenschaften. Die Herabskalierung der Abmessungen von Bauelementen bei der ULSI-Bauweise erfordert eine hohe Planaritätsrate von BPSG-Filmen, wie sie als Isolationsfilme Verwendung finden. BPSG-Filme, in die Bor (B) und Phosphor (P) in hoher Konzentration dotiert sind, haben die Eigenschaft, daß sie ein Reflow erleichtern. Somit läßt sich die Planaritätsrate von BPSG-Filmen durch hohe Dotierung mit Bor (B) und Phosphor (P) verbessern. Ferner erlaubt hochdotierter BPSG-Film die Herstellung von Halbleiterbauelementen mit einem flachen Übergang, da BPSG-Film bei niedriger Temperatur geebnet werden kann.

Hochdotierter BPSG-Film hat allerdings einige Nachteile. Zum einen weist er eine starke Feuchtigkeitsaufnahmecharakteristik auf und weiter erhöht er das Ausdiffundieren von Bor (B) und Phosphor (P), welches im BPSG-Film enthalten ist, während der Ausheilungsbehandlung. Das führt zur Ausbildung von Kristallextraktionen von ausdiffundiertem Bor (B) und Phosphor (P) an der Oberfläche des BPSG-Filmes, wobei die Kristallextraktionen die Zuverlässigkeit eines Halbleiterbauelementes verringern, da sie einen Fehlerfaktor bilden. Die Herabskalierung von Abmessungen von Bauelementen bei ULSI-Bauweise führt zu einer Verengung der Kontaktöffnungen, weshalb es schwierig ist, in die Kontaktöffnungen, wie verlangt, leitendes Material einzubringen, was zu einer Herabsetzung des Sprungantwortverhaltens an der Kontaktöffnung führt. Um das Sprungantwortverhalten zu verbessern, müssen Kontaktöffnungen in der sog. Weinglasform ausgebildet werden im Zuge einer zweischrittigen Behandlung: einer Naßätzbehandlung und einer Trockenätzbehandlung. Hochgradig bor- und phosphorhaltiger BPSG-Film erschwert andererseits die Ausbildung der weinglasförmigen Kontaktöffnungen während der Naß- und Trockenätzbehandlung. Da der hochdotierte BPSG-Film eine starke Feuchtigkeitsaufnahmecharakteristik aufweist, ist die Haftfestigkeit von Fotolack, der auf den BPSG-Film aufgetragen wird, gering, wodurch eine exzessive Lateralätzung im Vergleich mit der Vertikalätzung zustande kommt, da ein chemisches Ätzmittel leicht in die Kontaktfläche zwischen Fotolack und BPSG-Film während der Naßätzbehandlung eindringt. Zu den problematischen Auswirkungen solcher Effekte gehört, daß die Kontaktöffnungen sich in Form flacher Teller ausbilden, schlimmstenfalls werden benachbarte Kontaktöffnungen leitend verbunden oder der Fotolack löst sich ab.

Wie oben ausgeführt, sollte, um die Planarität des BPSG-Filmes zu verbessern, die Fremdionenkonzentration hoch sein. Andererseits jedoch begrenzt die hohe Fremdionenkonzentration die Möglichkeit, das Naßätzverhältnis zu verringern, ohne die Planarität des BPSG-Filmes zu beeinträchtigen, da das Verhältnis von lateraler zu vertikaler Naßätzung groß wird.

Ein Ziel der vorliegenden Erfindung ist die Bereitstellung eines Verfahrens zur Herstellung von BPSG-Film, bei dem das Naßätzverhältnis bei gleichzeitiger Erhö-

hung der Planarität des BPSG-Filmes verringert werden kann.

Das erfindungsgemäße Verfahren zur Herstellung von Bor-Phosphor-Silikatglasfilm zeichnet sich aus durch die Schritte:

- Aufbringen eines Bor-Phosphor-Silikatglasfilmes (BPSG) auf der gesamten Struktur Oberfläche nach der Ausbildung einer Vielzahl von darunterliegenden Schichten auf einem Wafer;
- Einführen des Wafers in einen Brennofen;
- Erhöhung der Innentemperatur des Brennofens;
- Ebnen der Oberfläche des BPSG-Filmes unter Anwendung des Reflowprozesses;
- rasches Absenken der Innentemperatur des Brennofens, derart daß die Oberfläche des BPSG-Filmes eine Zone rascher Abkühlung bildet, während seine Innenseite eine Zone langsamer Abkühlung bildet; und
- Entnahme des Wafers.

Gegenstand der vorliegenden Anmeldung ist ferner ein nach dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestelltes Halbleiterbauelement.

Zum besseren Verständnis der Konzeption und der Vorteile der Erfindung wird Bezug genommen auf die folgende ausführliche Beschreibung in Verbindung mit der begleitenden Zeichnung, wobei:

Fig. 1A und 1B Schnittansichten des Halbleiterbauelementes zeigen, aus denen das Verfahren, einen BPSG-Film gemäß der Erfindung herzustellen, hervorgeht.

Fig. 2 einen Graph zeigt zur Illustration des Naßätzverhältnisses in Abhängigkeit von der Flankenabfallrate.

Fig. 3 einen Graph zeigt zur Illustration des Naßätzverhältnisses in Abhängigkeit von der Entnahmetemperatur.

Gleichartige Bezugszeichen beziehen sich auf auf gleichartige Teile in den diversen Ansichten der Zeichnung.

Fig. 1A und Fig. 1B zeigen Schnittansichten eines Halbleiterbauelementes zur Erklärung der Herstellung eines BPSG-Filmes gemäß der Erfindung.

Fig. 1A zeigt einen BPSG-Film 3, verwendet als Isolationsfilm, der auf die gesamte Oberfläche eines Wafers 1 aufgebracht ist nach Ausbildung einer Vielzahl von darunterliegenden Schichten 2. Die Oberfläche des aufgetragenen BPSG-Filmes 3 ist uneben aufgrund der darunterliegenden Schichten 2.

Wie in Fig. 1B gezeigt, wird der BPSG-Film 3 geebnet durch die Ausheilungsbehandlung nach der Erfindung, wodurch ein geebneter BPSG-Film 3A erhalten wird.

Die Ausheilungsbehandlung zur Ebnung des BPSG-Filmes kann in die folgenden fünf Schritte unterteilt werden: Einführung, Flankenanstieg, Reflow, Flankenabfall und Entnahme. Der Flankenabfallschritt und der Entnahmeschritt bestimmen die Feuchtigkeitsaufnahmecharakteristik des BPSG-Filmes.

Die Ausheilungsbehandlung zur Ausbildung des BPSG-Filmes 3A, dessen Oberfläche geebnet ist, verläuft wie folgt.

Der Wafer 1, auf den der BPSG-Film 3 aufgebracht ist, wird in den Brennofen eingeführt. Zu diesem Zeitpunkt beträgt die Einführungstemperatur annähernd 400°C. Während des Flankenanstiegschrittes wird die Innentemperatur des Brennofens auf 800 bis 950°C erhöht, d. h. 25 bis 35% höher als die Temperaturspanne von 650 bis 700°C, bei der es sich um die Übergangstemperatur des BPSG-Filmes handelt. Während des Reflowschrittes sollte die Oberfläche des BPSG-Filmes 3

bei einer Temperatur von 800 bis 950°C geebnet werden in einem inertem Gas, wie Stickstoff (N₂) oder Argon (Ar). Während des Flankenabfallschrittes sollte die Temperaturspanne bei 90 bis 95% der Reflowtemperatur gehalten werden, z. B. 700 bis 900°C, wobei die Flankenabfallsrate –20 bis –50°C/min beträgt. Bei dieser Temperatur wird der Wafer 1 entnommen.

Des weiteren führt die Ausheilung des BPSG-Filmes bei einer hohen Temperatur, die oberhalb der Übergangstemperatur liegt, dazu, daß die Viskosität des BPSG-Filmes genügend abfällt, um freie Bewegung aller Atome innerhalb des Filmes zu erlauben. Während des Flankenabfallschrittes führt eine langsame Flankenabfallsrate dazu, daß die Atome innerhalb des Filmes eine starke Tendenz zur Kristallisierung zeigen, demgemäß wächst die Kontraktionsrate und damit die Dichte des Filmes. Dagegen bleibt bei schneller Flankenabfallsrate die Struktur des Filmes bei Hochtemperatur erhalten, und es ergibt sich eine geringere Dichte als bei langsamer Flankenabfallsrate, während das Ätzverhältnis zunimmt. Hinzu kommt, daß der bei langsamer Abkühlung ausgebildete BPSG-Film die Eigenschaft aufweist, daß seine Feuchtigkeitsaufnahme gegenüber der Fremdionenkonzentration innerhalb des Filmes empfindlich reagiert, wogegen der bei relativ rascher Abkühlung ausgebildete Film die Eigenschaft aufweist, daß seine Feuchtigkeitsaufnahme gegenüber der Fremdionenkonzentration unempfindlich bleibt.

Da die Erfindung von den spezifischen Eigenschaften eines solchen BPSG-Filmes Gebrauch macht, hat der BPSG-Film 3A, der sich als Resultat der genannten Ausheilungsbehandlung ausbildet, eine differenzierte innere Struktur. Tatsächlich wird die Oberfläche des BPSG-Filmes 3A zu einer stark abkühlenden Zone A, deren Struktur bei Reflowtemperatur (800 bis 950°C) erhalten bleibt, während das Innere des BPSG-Filmes 3A zu einer langsam abkühlenden Zone B wird, in der alle Bestandteile nach langsamer Abkühlung auf Reflowtemperatur (800 bis 950°C) kristallisieren. In einem BPSG-Film 3A, der eine derartige Struktur aufweist, wirkt eine Kompressionsspannung auf die rasch abkühlende Zone A, da die Kontraktionskraft in der langsam abkühlenden Zone B im Vergleich zu derjenigen innerhalb der schnell abkühlenden Zone A relativ groß ist. Die Kompressionsspannung ist geeignet, die Entstehung von Kristallextraktionen an der Oberfläche des BPSG-Filmes 3A zu unterdrücken und gleichfalls die Feuchtigkeitsaufnahme des BPSG-Filmes 3A zu reduzieren. Demzufolge müssen bei Erhöhung der Planarität des BPSG-Filmes Probleme, wie die Ausbildung von Kristallextraktionen und der Anstieg der Feuchtigkeitsaufnahme, kaum berücksichtigt werden, obwohl die Konzentration von Bor und Phosphor ausreichend hoch ist, z. B. 5 bzw. 6 Gewichtsprozent. Somit ist die Erfindung geeignet, das Naßätzverhältnis zu verringern und zugleich die Planarität des BPSG-Filmes zu erhöhen.

Bei Ausformung der Kontaktöffnungen im Zuge der Naß- und Trockenätzbehandlung eines BPSG-Filmes, der in Übereinstimmung mit der Erfindung hergestellt ist, bildet sich ein weinglasförmiges Profil der Kontaktfläche aus. D.h., mit der Erfindung läßt sich das Verhältnis von lateraler zu vertikaler Naßätzung (D_L/D_V) des BPSG-Filmes 3A auf 1,125 bis 1,5 aussteuern, was nachfolgend anhand der experimentell gewonnenen Daten, die Fig. 2 und Fig. 3 zeigen, erläutert wird.

Fig. 2 stellt das Naßätzverhältnis in Abhängigkeit von der Flankenabfallsrate dar, bei einer Entnahmetemperatur von 800°C, wobei die Flankenabfallsrate von –3 auf

–50 °C/min variiert. Die experimentell gewonnenen Daten belegen, daß bei einer Flankenabfallsrate, die schneller ist als 25°C/min, das Naßätzverhältnis (D_L/D_V) auf weniger als 1,5 verharzt, unabhängig von der Dotierungskonzentration.

Fig. 3 stellt das Naßätzverhältnis in Abhängigkeit von der Entnahmetemperatur dar, bei einer Flankenabfallsrate von –25°C/min, wobei die Entnahmetemperatur zwischen 600 und 800°C variiert. Die experimentell gewonnenen Daten belegen, daß bei einer Entnahmetemperatur von über 700°C das Naßätzverhältnis (D_L/D_V) auf weniger als 1,5 verharzt, unabhängig von der Dotierungskonzentration.

Bei hoher Dotierungskonzentration führt die Feuchtigkeitsaufnahme des BPSG-Filmes zu einer Reduzierung von dessen Haftfestigkeit auf Fotolack. Während der Ausheilungsbehandlung zur Ebnung des BPSG-Filmes wird durch hohe Flankenabfallsrate in Verbindung mit einer hohen Entnahmetemperatur erreicht, daß die Auswirkungen einer hohen Dotierungskonzentration auf wirksame Weise gering gehalten werden und daß derart eine verbesserte Ausbildung der Kontaktöffnungen erzielt wird.

Somit ist die Erfindung geeignet, die Planarität des BPSG-Filmes zu verbessern, da sie bei der Aufbringung des BPSG-Filmes höhere Konzentrationen von Bor und Phosphor zuläßt im Vergleich mit der Aufbringung von BPSG-Film nach bekannten Verfahren. Somit ergibt sich eine Erhöhung der Oberflächenplanarität. Darüber hinaus ist die Erfindung geeignet, die Verminderung der Haftfestigkeit von Fotolack aufgrund der Feuchtigkeitsaufnahme des BPSG-Filmes zu verhindern, durch eine Verbesserung der Ausheilungsbehandlung des BPSG-Filmes. Weiterhin ist die Erfindung geeignet, durch Ausbildung einer rasch abkühlenden Zone an der Oberfläche des BPSG-Filmes die Entstehung von Kristallextraktionen auf dem BPSG-Film zu unterdrücken und somit schließlich eine verbesserte Ausbildung der Kontaktöffnungen zu erreichen.

Die vorangegangene Beschreibung, obwohl auf eine bevorzugte Ausführungsform der Erfindung mit einem bestimmten Grad von Ausführlichkeit gerichtet, dient lediglich als Exemplifikation des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips. Es versteht sich, daß die Erfindung nicht auf die bevorzugten Ausführungsformen beschränkt ist, wie sie hier offengelegt und beschrieben werden. Demgemäß sind alle geeigneten Abweichungen, die im Rahmen der Konzeption der Erfindung getätigt werden können, als weitere Ausführungsformen der Erfindung einzustufen.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines Bor-Phosphor-Silikatglasfilmes (BPSG-Film), **gekennzeichnet** durch folgende Schritte:

Aufbringung eines Bor-Phosphor-Silikatglasfilmes (BPSG-Film) auf der gesamten Struktur Oberfläche eines Wafers nach Ausbildung einer Vielzahl von darunterliegenden Schichten;
Einführung des Wafers in einen Brennofen;
Erhöhung der Innentemperatur des Brennofens;
Ebnung der Oberfläche des BPSG-Filmes unter Benutzung eines Reflowprozesses;
rasche Abkühlung der Innentemperatur des Brennofens derart, daß die Oberfläche des BPSG-Filmes sich zu einer rasch abkühlenden Zone ausbildet, während seine Innerseite sich zu einer langsam ab-

kühlenden Zone ausbildet; und
Entnahme des Wafers.

2. Verfahren zur Herstellung eines Bor-Phosphor-Silikatglasfilmes (BPSG-Film) gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Einführungstemperatur annähernd 400°C beträgt. 5

3. Verfahren zur Herstellung eines Bor-Phosphor-Silikatglasfilmes (BPSG-Film) gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Reflowprozeß sich in einem Temperaturbereich abspielt, der um 10
25 bis 35% höher liegt als die Übergangstemperatur des Bor-Phosphor-Silikatglasfilmes (BPSG-Film).

4. Verfahren zur Herstellung eines Bor-Phosphor-Silikatglasfilmes (BPSG-Film) gemäß Anspruch 3, 15
dadurch gekennzeichnet, daß die Übergangstemperatur des Bor-Phosphor-Silikatglasfilmes (BPSG-Film) im Bereich von 650 bis 700°C liegt.

5. Verfahren zur Herstellung eines Bor-Phosphor-Silikatglasfilmes (BPSG-Film) gemäß Anspruch 1, 20
dadurch gekennzeichnet, daß der Reflowprozeß sich in einem Temperaturbereich von 800 bis 950°C abspielt.

6. Verfahren zur Herstellung eines Bor-Phosphor-Silikatglasfilmes (BPSG-Film) gemäß Anspruch 1, 25
dadurch gekennzeichnet, daß der rasche Abkühlungsvorgang bei einer Flankenabfallrate von -20 bis -50°C/min stattfindet, bis die Temperatur bei 90 bis 95% der Reflowtemperatur angelangt ist.

7. Verfahren zur Herstellung eines Bor-Phosphor-Silikatglasfilmes (BPSG-Film) gemäß Anspruch 1, 30
dadurch gekennzeichnet, daß die Entnahmetemperatur im Bereich von 700 bis 900°C liegt.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

35

40

45

50

55

60

65

FIG. 1A

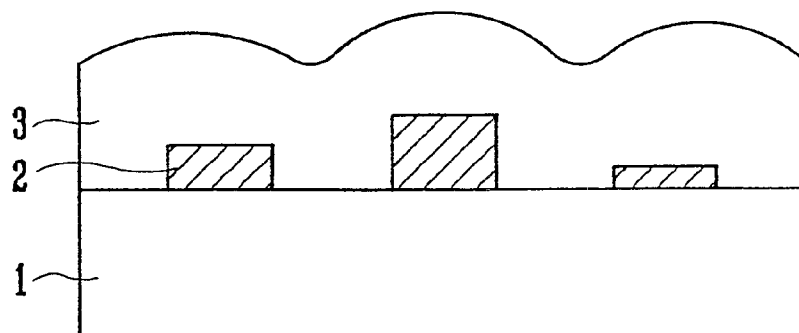


FIG. 1B

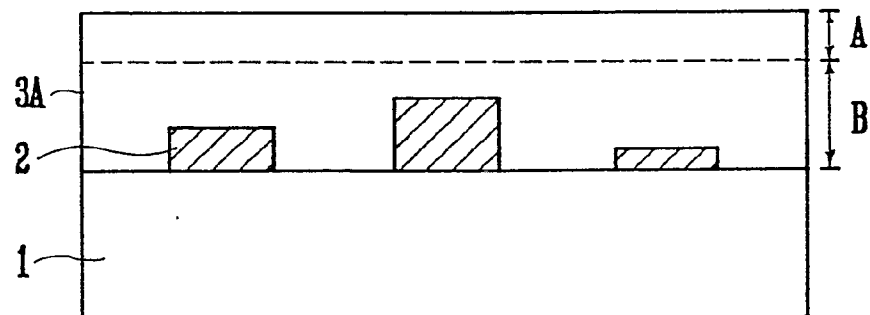


FIG. 2

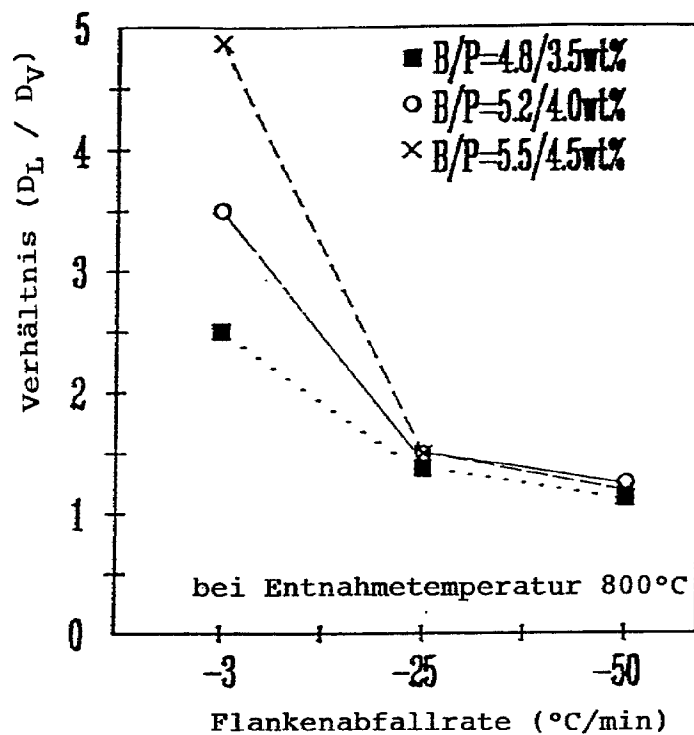


FIG. 3

